

APPENDIX

DREIPHASTIGE WICKLUNG IN STERN-DREIECK-MISCHSHALTUNG FÜR EINE  
ELECTRICHE MACHINE

DE 3202 958 A1

LAID OPEN: August 11, 1983

A delta-connection winding and a star-connection are connected  
in parallel.

(9) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift  
(11) DE 32 02 958 A1

(51) Int. Cl. 3  
H 02 K 3/00  
H 02 K 17/12

(21) Aktenzeichen: P 32 02 958 6  
(22) Anmeldetag: 29. 1. 82  
(23) Offenlegungstag: 11. 8. 83



DE 32 02 958 A1

(71) Anmelder:  
Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München, DE

(72) Erfinder:  
Auringer, Herbert, Dipl.-Ing. Dr., 8500 Nürnberg, DE

(54) Dreiphasige Wicklung in Stern-Dreieck-Mischschaltung für eine elektrische Maschine

Bei einer gesehten dreiphasigen Wicklung in Stern-Dreieck-Mischschaltung für Ständer oder Schleifringläufer einer elektrischen Maschine sind zur Verringerung der Oberwellenanteile und der Kupferverluste die inneren Wicklungsabschnitte durch Ausgleichsleiter in Dreieckschaltung verbunden, an die jeweils zwei parallele, gegenüber den Dreiecksabschnitten um 30° ei versetzte, mit den Klemmen verbundene äußere Wicklungsabschnitte sternförmig angeschlossen sind. Die räumliche Aufteilung der Wicklungsabschnitte ist dabei so vorgenommen, daß sich innerhalb jeden Polpaares eine zwölfzonige Wicklungsanordnung ergibt. (32 02 958)

Tabelle I: Vergleichende Übersicht von herkömmlichen sechszonigen Zweischichtwicklungen in Dreieckschaltung mit äquivalenten Y/Δ -Mischschaltungen für N/p = 36 Nuten je Polpaar

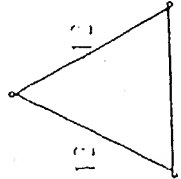
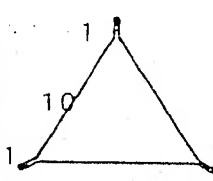
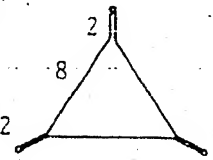
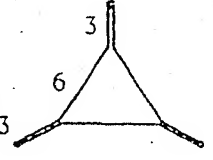
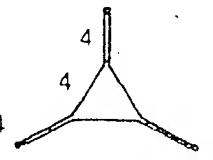
| Δ -Schaltung   | Schaltung | vor- und rückwärts laufende Stabwellenwicklung mit verschiedenen Spulengruppierungen | $\xi$  | $\sigma_0 \cdot 10^{-3}$ | $V_{cu} / f_N$ | äquivalente Y/Δ -Schaltung<br>Fig. 10<br>Gruppierung der Spulen | Verlustminderung<br>gemäß Gl. (4) |
|--|-----------|--|--------|--------------------------|----------------|---|-----------------------------------|
|  | 1/1       | 6 + 6  | 0,9561 | 5,16                     | 100 %          | 0 - 12 - 0<br>reine<br>Δ-Schaltung<br>(Fig. 10 rechts)          | 1/1 (keine)                       |
|  | 17/18     | 7 + 5  | 0,9525 | 4,46                     | 100,8 %        | 1 - 10 - 1  | 25/24                             |
|  | 8/9       | 8 + 4  | 0,9416 | 5,49                     | 105,1 %        | 2 - 8 - 2   | 11/12                             |
|  | 5/6       | 9 + 3  | 0,9236 | 2,93                     | 107,2 %        | 3 - 6 - 3   | 7/8                               |
|  | 7/9       | 10 + 2   | 0,8985 | 5,11                     | 113,2 %        | 4 - 4 - 4   | 5/6                               |
|  | 13/18     | 11 + 1   | 0,8666 | 4,00                     | 121,7 %        | 5 - 2 - 5   | 19/24                             |
|  | 2/3       | 12 + 0   | 0,8280 | 5,16                     | 133,3 %        | 6 - 0 - 6<br>reine Doppel-<br>Y-Schaltung<br>(Fig. 10 links)    | 3/4                               |

Tabelle II: Wicklungseigenschaften möglicher  
Y/ $\Delta$ -Mischschaltungen  
bei N/p = 36 Nuten je Polpaar

| Spulenauf-<br>teilung  | Spulen-<br>schritt | $\xi$  | $\sigma_{\omega} \cdot 10^{-3}$ | relative Kupfer-<br>verluste |                          |
|--|--------------------|--------|---------------------------------|------------------------------|--------------------------|
|  |                    |        |                                 | A                            | B                        |
| 1 - 10 - 1<br>  | 1 - 19             | 0,9525 | 4,46                            | 96,7                         | 95,8 ( $\approx 23/24$ ) |
|  | 1 - 18             | 0,9489 | 4,05                            | 97,5                         | 96,6                     |
|  | 1 - 17             | 0,9380 | 3,28                            | 99,7                         | 98,8                     |
|  | 1 - 16             | 0,9200 | 2,73                            | 103,7                        | 102,7                    |
|  | 1 - 15             | 0,8951 | 2,86                            | 109,5                        | 108,5                    |
| 2 - 8 - 2<br>  | 1 - 19             | 0,9416 | 3,49                            | 94,5                         | 91,7 ( $\approx 11/12$ ) |
|  | 1 - 18             | 0,9380 | 3,24                            | 95,2                         | 92,4                     |
|  | 1 - 17             | 0,9273 | 2,96                            | 97,5                         | 94,5                     |
|  | 1 - 16             | 0,9095 | 2,66                            | 101,5                        | 98,25                    |
|  | 1 - 15             | 0,8848 | 2,68                            | 107,0                        | 103,8                    |
| 3 - 6 - 3<br> | 1 - 19             | 0,9236 | 2,95                            | 93,8                         | 87,5 ( $\approx 7/8$ )   |
|  | 1 - 18             | 0,9200 | 2,73                            | 94,5                         | 88,2                     |
|  | 1 - 17             | 0,9095 | 2,66                            | 96,7                         | 90,2                     |
|  | 1 - 16             | 0,8921 | 2,77                            | 100,5                        | 93,8                     |
| 4 - 4 - 4<br> | 1 - 19             | 0,8985 | 3,11                            | 94,4                         | 83,3 ( $\approx 5/6$ )   |
|  | 1 - 18             | 0,8951 | 2,86                            | 95,1                         | 84,0                     |
|  | 1 - 17             | 0,8848 | 2,68                            | 97,3                         | 85,9                     |
|  | 1 - 16             | 0,8679 | 2,66                            | 101,1                        | 89,3                     |

A im Vergleich mit der Normalausführung, umgeseht

$\approx 100\%$

B im Vergleich mit der Normalausführung, äquivalente Schwingung

$\approx 100\%$

Tabelle III: Wicklungseigenschaften bei identischen und angepaßten Spulen

|                                      | einheitliche Spulen  | angepaßte Spulen   |
|--------------------------------------|--|--|
| Spulenwindungszahl                   | $w_Y = w_\Delta$   | $w_Y = 2/\sqrt{3} \cdot w_\Delta$ bei   -Schaltung<br>$w_Y = 1/\sqrt{3} \cdot w_\Delta$ bei --Schaltung  |
| Leiterquerschnitte                   | $q_Y = q_\Delta$   | $q_Y = \sqrt{3}/2 \cdot q_\Delta$ bei   -Schaltung<br>$q_Y = \sqrt{3} \cdot q_\Delta$ bei --Schaltung  |
| Wicklungsfaktor $\xi$                | $w_{ges} = (2 + \sqrt{3}) w_\Delta$ (Fig. 20)<br>$\xi = \frac{2 + \sqrt{3}}{4} \cdot \xi_Z = 0,9330 \xi_Z$ *)                                  | $w_{ges} = 4 w_\Delta$ (Fig. 21)<br>$\xi = \frac{2}{1 + 2/\sqrt{3}} \cdot \xi_Z = 0,9282 \xi_Z$ *)   |
| effektive Windungszahl $w \cdot \xi$ | $\frac{(2 + \sqrt{3})^2}{4} \xi_Z \cdot w_\Delta$<br>$= 3,4821 w_\Delta \xi_Z$ *)  | $\frac{8}{1 + 4/\sqrt{3}} \xi_Z w_\Delta = \frac{8\sqrt{3}}{2 + \sqrt{3}} \xi_Z w_\Delta$<br>$= 3,7128 w_\Delta \xi_Z$   |
| Kupferverluste                       | unterschiedliche Kupferverlustaufteilung<br><br>$V_\Delta = (4/7) V_{ges} \hat{=} 57,14 \%$<br>$V_Y = (3/7) V_{ges} = \frac{42,86}{100,00} \%$ | gleiche Kupferverlustaufteilung wegen erhöhter effektiver Windungszahl nur<br>$\frac{(2 + \sqrt{3})^3}{32 \sqrt{3}} = 0,9378$ facher Strom<br>$V_\Delta = 0,9378^2 \cdot 57,14 = 50,26 \%$<br>$V_Y = 0,9378^2 \cdot \left(\frac{2}{\sqrt{3}}\right)^2 \cdot 42,86 = \frac{50,26}{100,52} \%$ |
| Durchflutungspolygon                 | ungleichseitiges Zwölfeck (Fig. 4)   | gleichseitiges Zwölfeck  |
| bei $\frac{W}{\tau} = 1$             | $I : II = 2 : \sqrt{3}$  |  |
| bei $\frac{W}{\tau} = \frac{11}{12}$ | ungleichseitiges Vierundzwanzigeck (Fig. 8)<br>$1 : 2 : III = 2 : \sqrt{13}/2 : \sqrt{3}$<br>$= 2 : 1,803 : 1,732$                             | ungleichseitiges Vierundzwanzigeck<br>$1 : II = 2 : 2 \cdot \cos 15$<br>$= 2 : 1,932$  |

\*)  $\xi_Z$  ..... Zonenfaktor

Tabelle IV: Vergleich verschiedener Wicklungsausführungen für  $N/p = 24$  Nuten pro Polpaar

| Spulen   | Wicklungsart  | Sehnung | Durchflutungspolygon  | $\xi$  | $S_0 \cdot 10^3$ |
|--|---|---------|---|--------|------------------|
| einheitlich<br>(Fig. 20)   | Einschicht- oder Zweischicht-<br>wicklung $\Delta$ -Schaltung<br>6zonig (Fig. 1)                  | 1/1     | gleichseitiges Sechseck (Fig. 2)<br>Seitenlänge: $4 \times 2$   | 0,9577 | 8,900            |
|  | Zweischichtwicklung<br>$\Delta$ -Schaltung 6zonig (Fig. 3)  | 5/6     | ungleichseitiges Zwölfeck (Fig. 4)  | 0,9250 | 6,240            |
|  | Einschicht- und Zweischicht-<br>wicklung $\lambda$ - $\Delta$ -Mischschaltung<br>12zonig (Fig. 6) | 1/1     | $\begin{matrix} \text{I} & & \text{II} \\ \text{Seitenlängen: } (2 \times 2) : (2 \times 3) \end{matrix}$                           |        |                  |
|  | Zweischichtwicklung<br>12zonig (Fig. 7)   | 11/12   | ungleichseitiges Vierundzwanzigeck<br>(Fig. 8)<br>$\text{I} : \text{II} : \text{III}$<br>Seitenlängen: $2 : \sqrt{13}/2 : \sqrt{3}$ | 0,9171 | 5,854            |
| $\frac{\sqrt{2}}{2}$<br>" "<br>$\frac{\sqrt{2}}{2}$<br>(Fig. 21)       | Einschicht- und Zweischicht-<br>wicklung $\lambda$ - $\Delta$ -Mischschaltung<br>12zonig (Fig. 6) | 1/1     | gleichseitiges Zwölfeck<br>Seitenlänge: $2 : 2$   | 0,9293 | 6,033            |
|  | Zweischichtwicklung<br>$\lambda$ - $\Delta$ -Mischschaltung<br>12zonig (Fig. 7)                   | 11/12   | ungleichseitiges Vierundzwanzigeck<br>$\text{I} : \text{II}$<br>Seitenlängen: $2 : 1,932$   | 0,9124 | 5,736            |
|  | Alphasige Käfigwicklung   | 1/1     | gleichseitiges Vierundzwanzigeck  | 1      | 5,731            |
| dreiphasenwicklung mit sinusförmig<br>abgestuften Spulenwindungszahlen |   |         |   |        |                  |
|  |   |         |   | 0,7899 |                  |

Nummer:  
 Int. Cl. 2:  
 Anmeldetag:  
 Offenlegungstag:

3202958  
 H 02 K 3/00  
 29. Januar 1982  
 11. August 1983

1/10

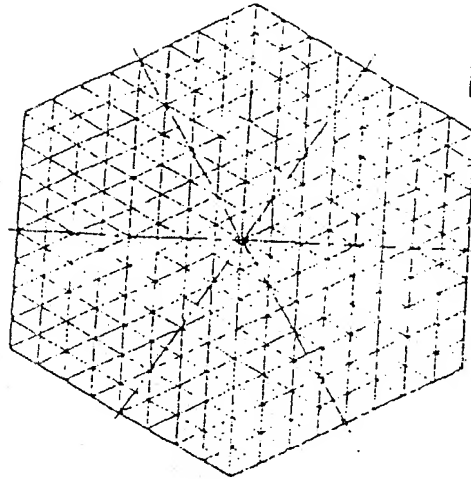


FIG 2

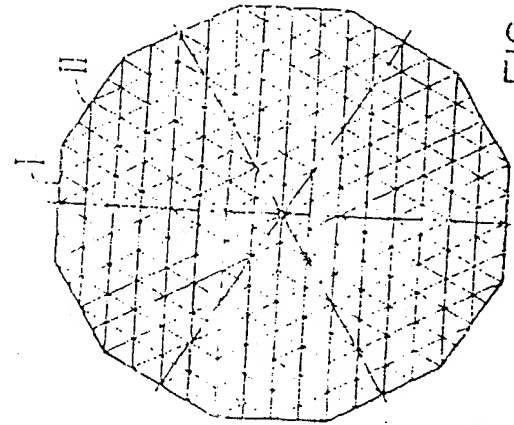


FIG 4

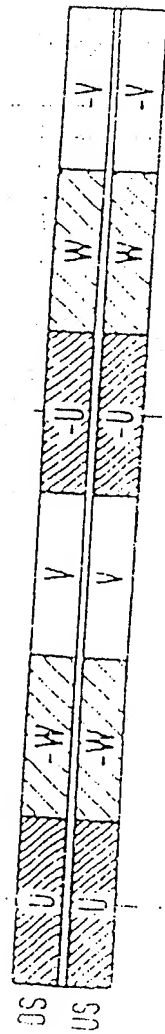


FIG 1

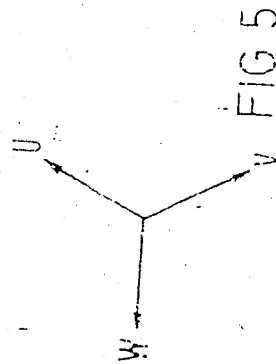


FIG 5

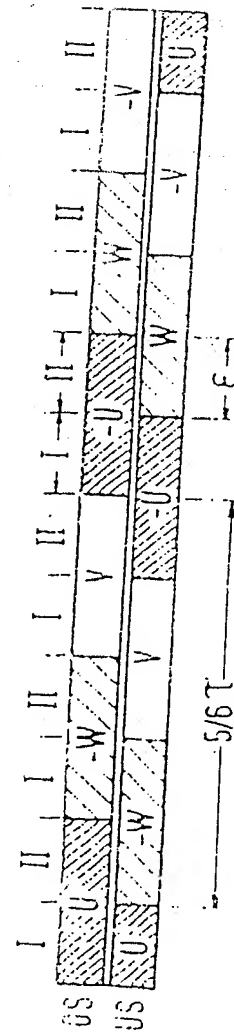


FIG 3

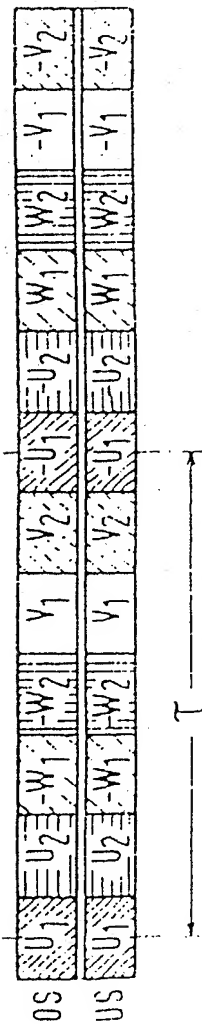


FIG 6

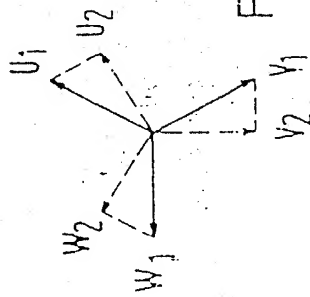


FIG 9

I-I-II-III-I

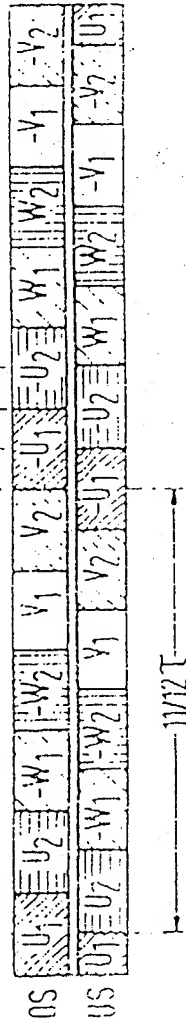


FIG 7

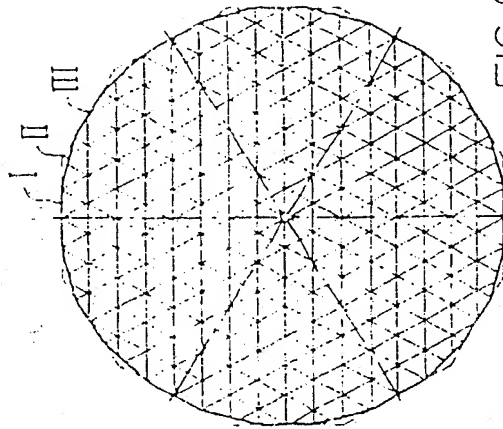


FIG 8



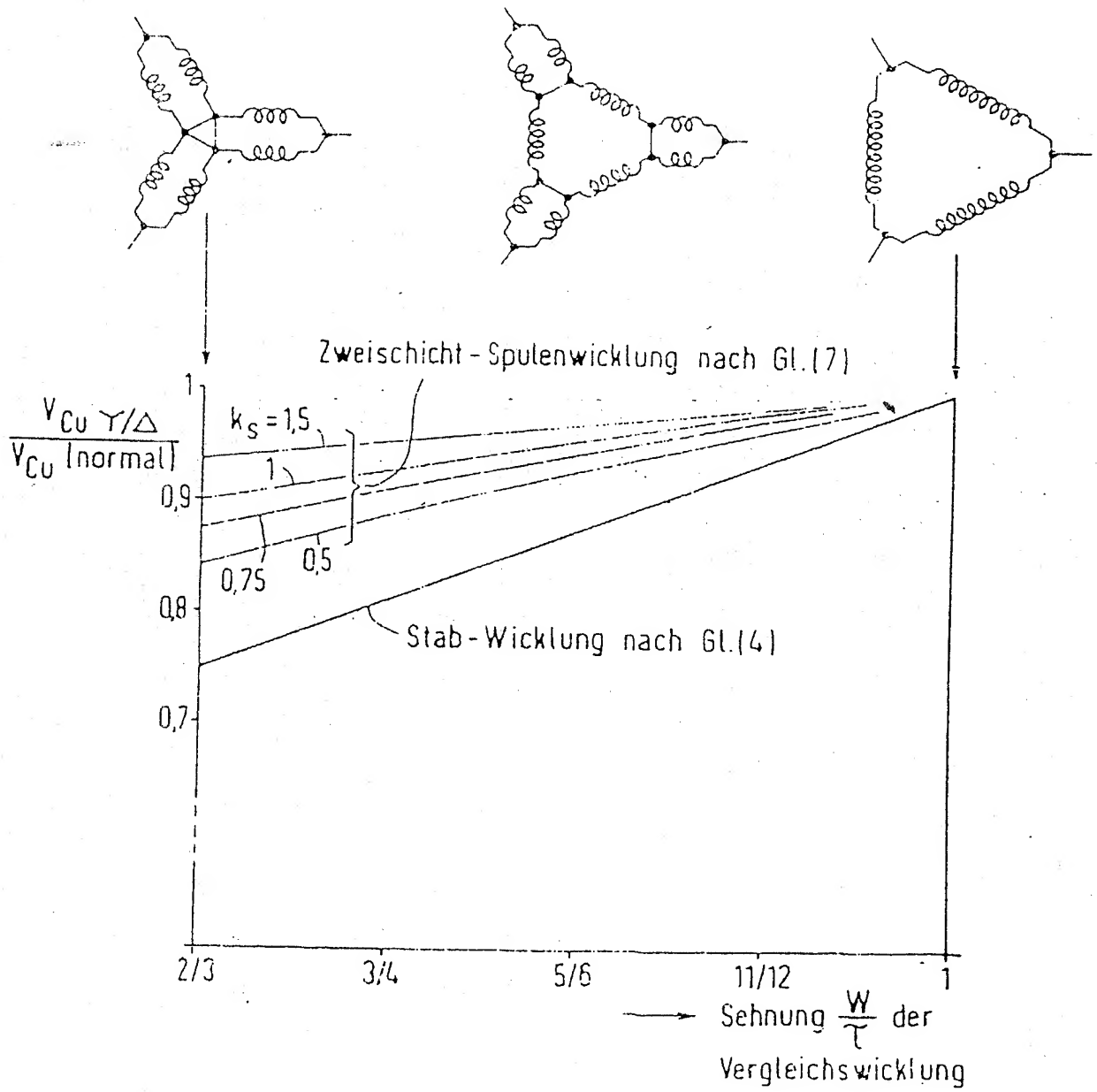
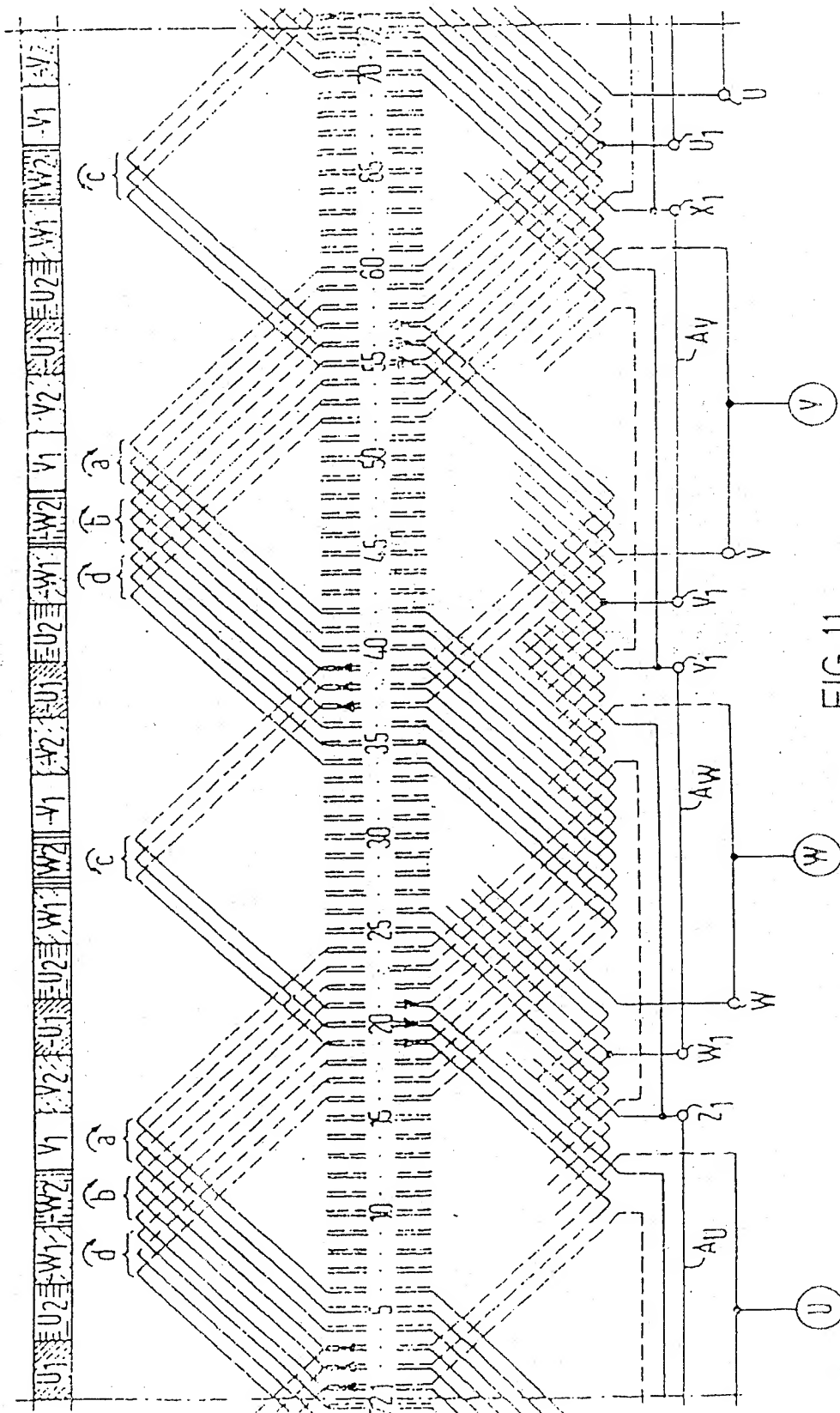
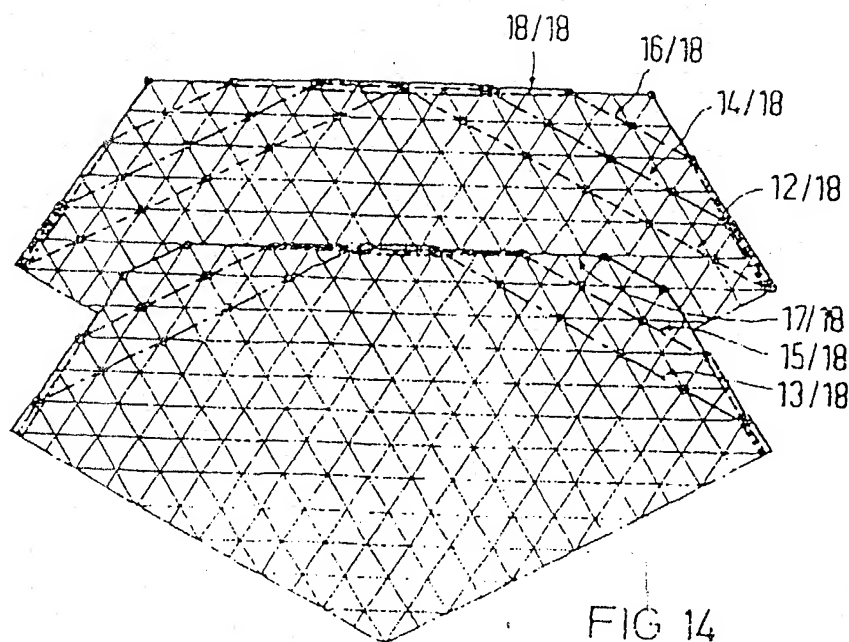
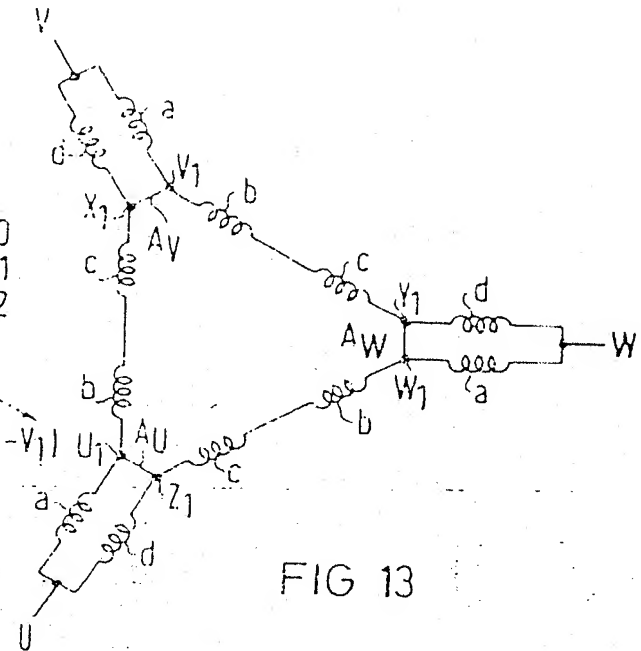
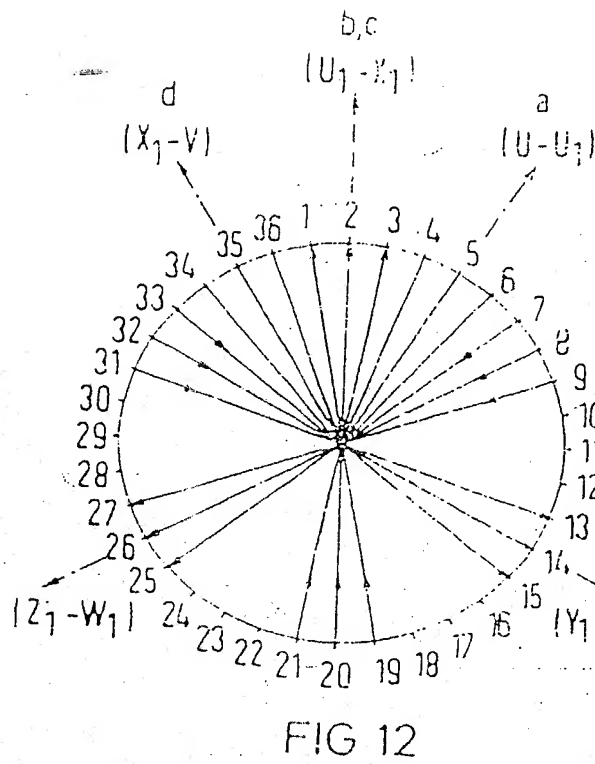
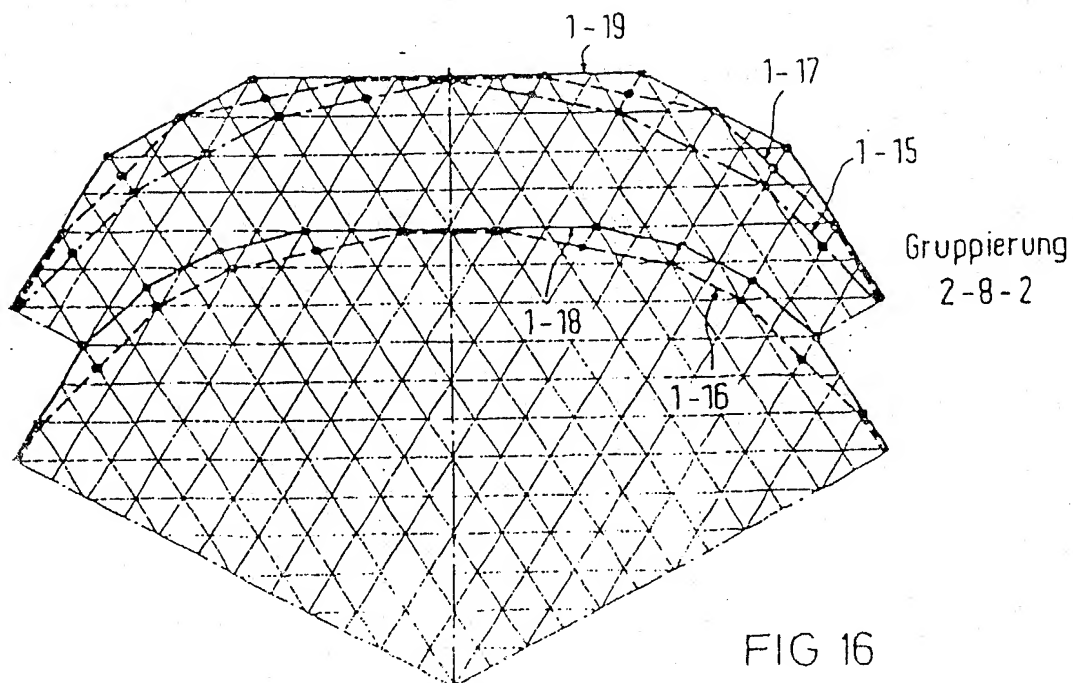
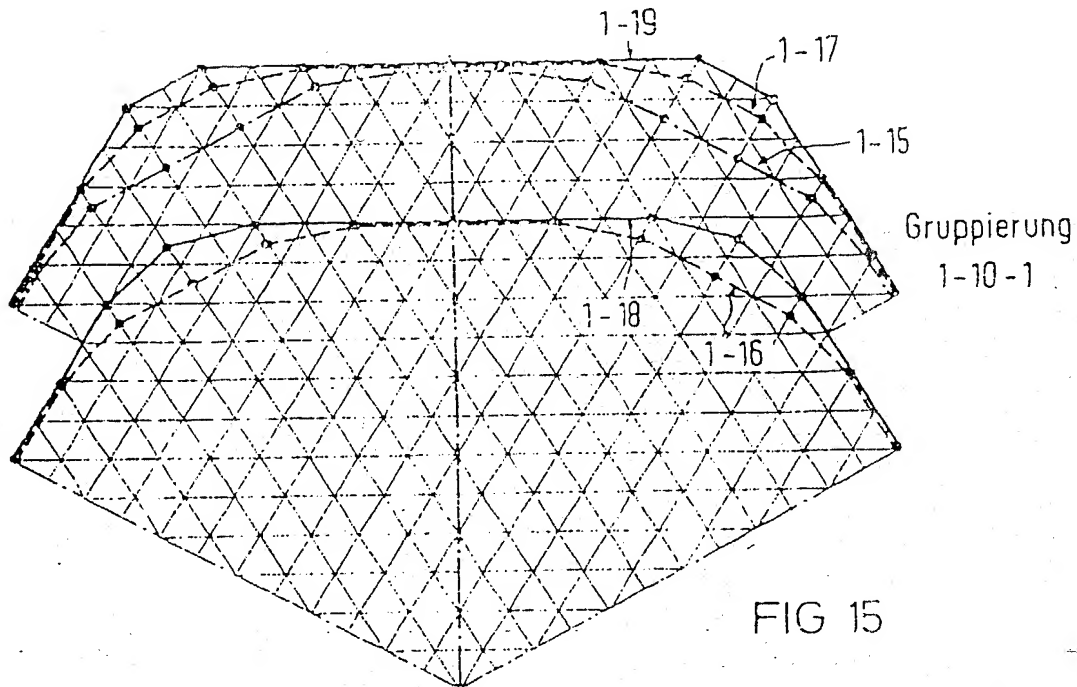
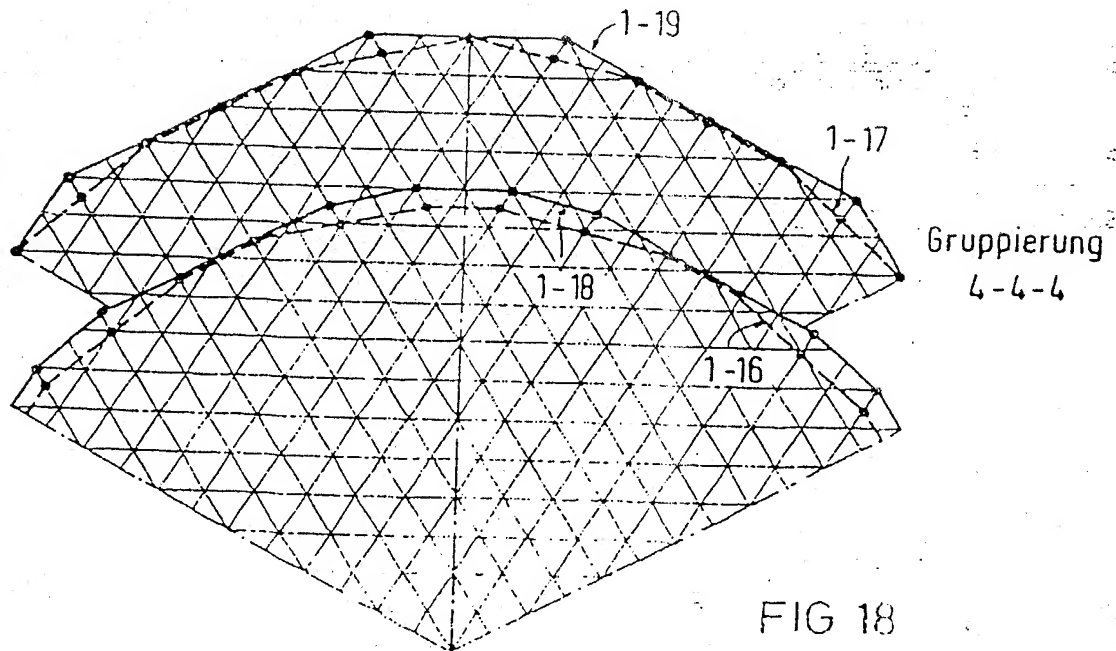
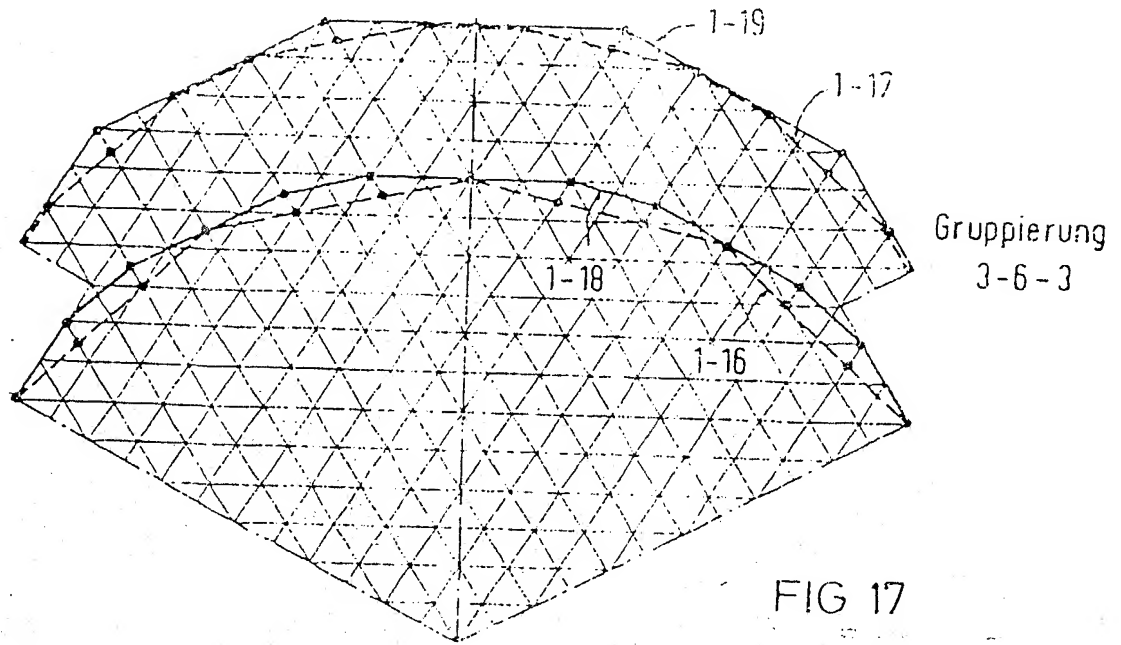


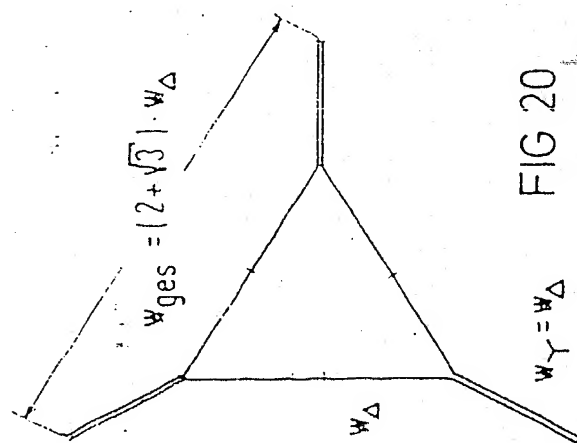
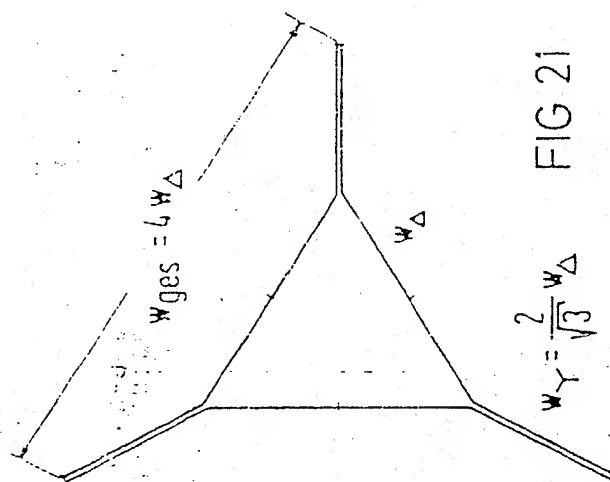
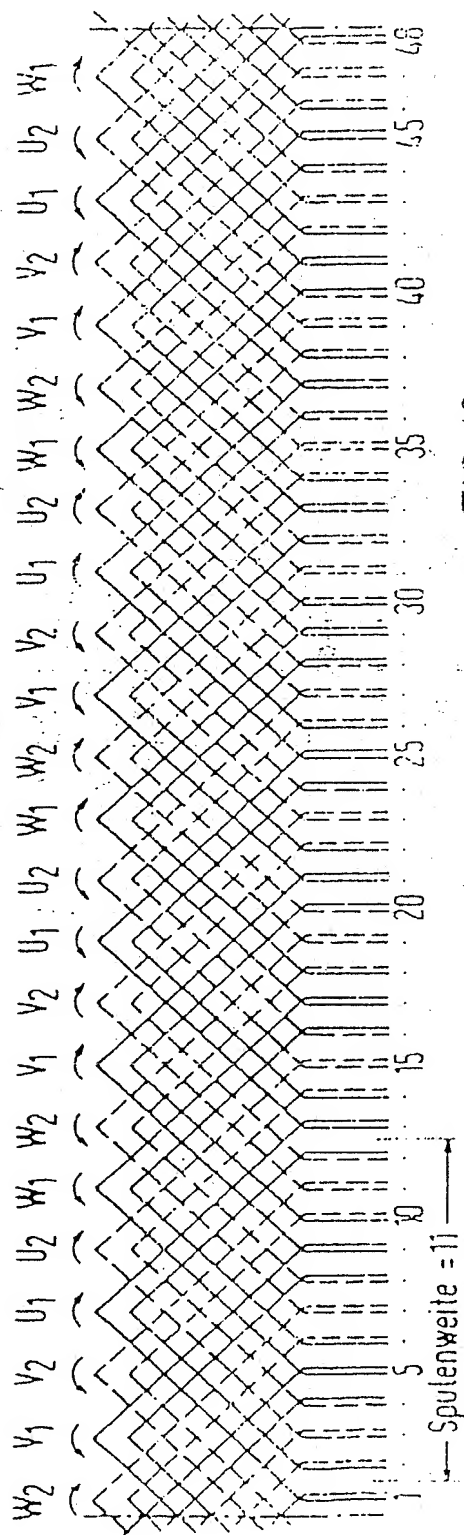
FIG 10

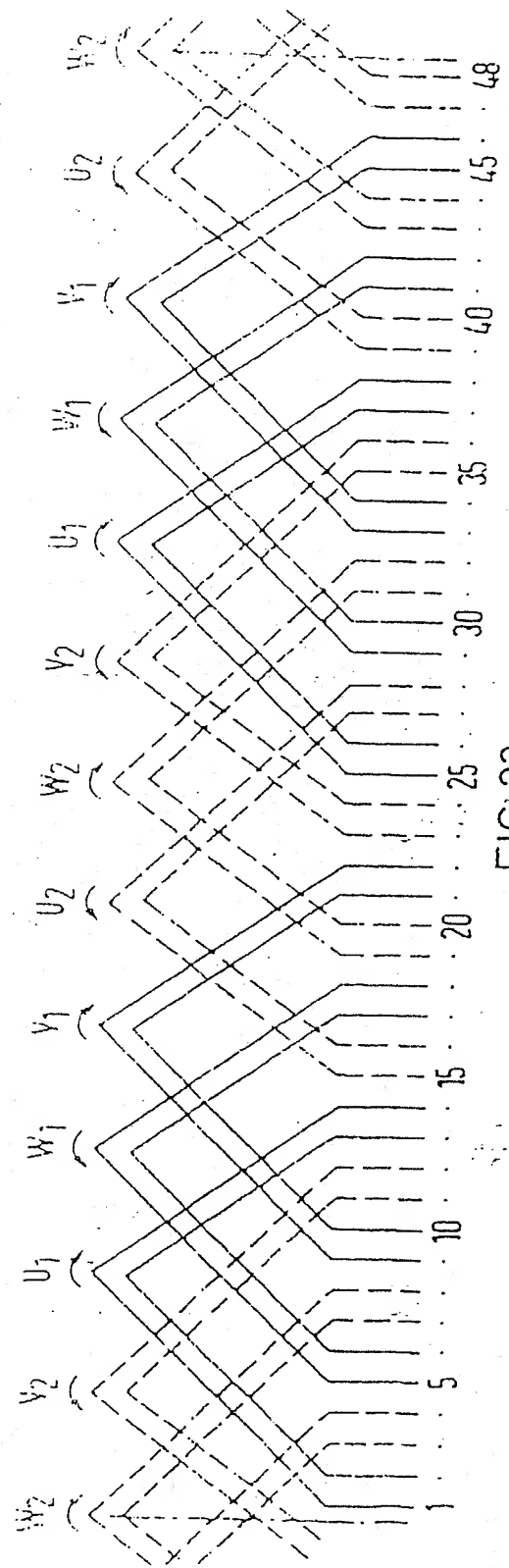
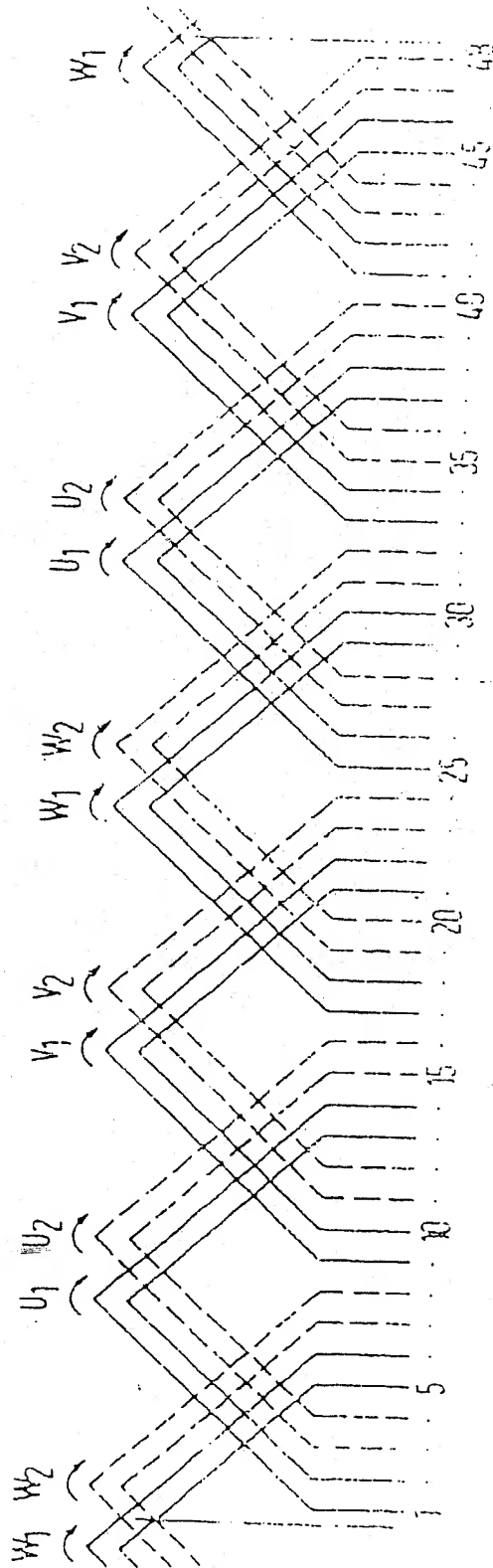












34

10/10

82 P 3 0 1 5 DE

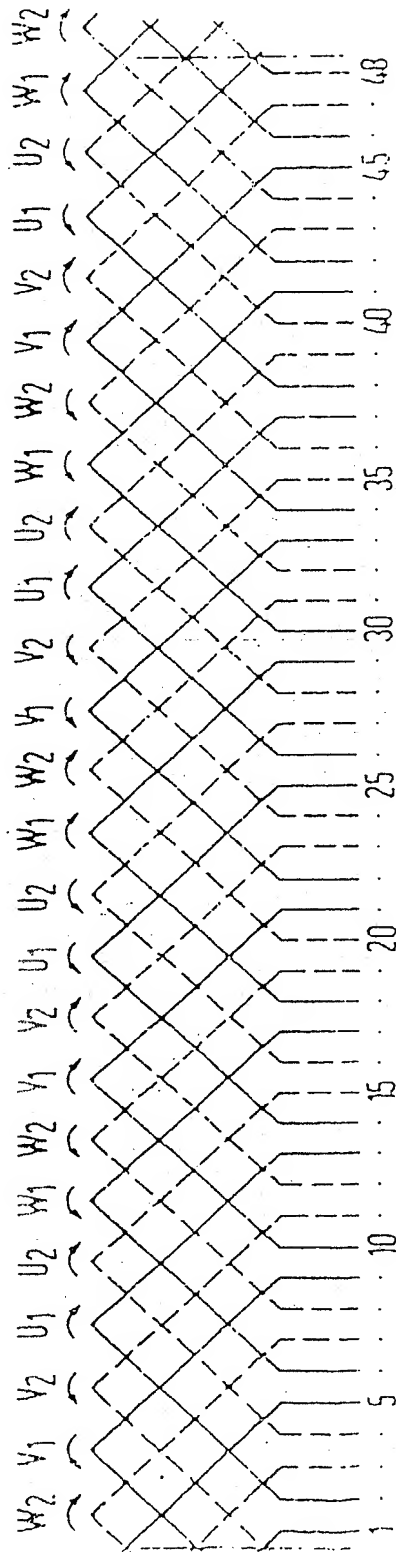


FIG 24

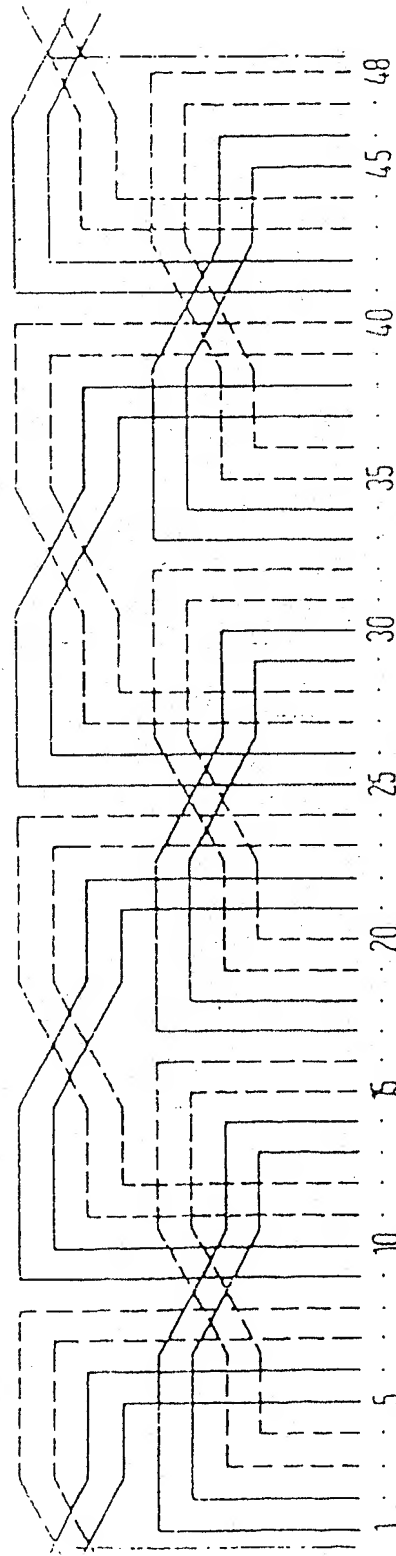


FIG 25